

УДК 681.62.06:620.178

Е. В. Барковский, П. П. Урбанович

Белорусский государственный технологический университет

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ИЗНОСА
ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПЕЧАТНОГО КОНТАКТА**

В статье представлена модель информационной системы управления полиграфической машиной в условиях износа поверхности материалов печатного контакта. Предлагаемая модель по сравнению с существующими включает в себя показатель износа поверхностей материалов печатного контакта и может быть использована в различных способах печати. Также рассмотрена структурная схема модели, которая включает основные элементы системы управления качеством печатной продукции и печатной формой. Модель позволяет учитывать то, что получение данных о состоянии поверхностей материалов печатного контакта и качества оттиска может осуществляться с помощью датчиков, которые представляют собой фотокамеры. Обработка получаемых снимков осуществляется использованием модуля анализа поверхностей материалов печатного контакта. Результаты анализа передаются в систему управления печатной машиной, в которой происходит регулирование подачи печатной краски. Конечным результатом анализа является функция износа, которая устанавливает изменение показателей качества печати в зависимости от тиража. Использование функции износа позволяет спрогнозировать появление брака и принять решение для оперативного регулирования настроек печатной машины.

Ключевые слова: информационная система, полиграфическое производство, печатное оборудование, печатный контакт, износ поверхности материала.

Для цитирования: Барковский Е. В., Урбанович П. П. Моделирование информационной системы полиграфического производства в условиях износа поверхности материалов печатного контакта // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. 2024. № 1 (278). С. 52–57. DOI: 10.52065/2520-6141-2024-278-8.

E. V. Barkovskiy, P. P. Urbanovich

Belarusian State Technological University

**MODELING OF THE PRINTING PRODUCTION INFORMATION SYSTEM
UNDER WEAR CONDITIONS SURFACES OF PRINTED CONTACT MATERIALS**

The article presents a model of an information system for controlling a printing machine under conditions of wear on the surface of printed contact materials. The proposed model, in comparison with existing ones, includes an indicator of wear on the surfaces of printed contact materials and can be used in various printing methods. The structural diagram of the model, which includes the main elements of the quality management system for printed products and printed form, is also considered. The model allows us to take into account the fact that obtaining data on the state of the surfaces of printed contact materials and the quality of the print can be carried out using sensors, which are cameras. Processing of the resulting images is carried out using a module for analyzing the surfaces of printed contact materials. The results of the analysis are transmitted to the control system of the printing machine, in which the supply of printing ink is regulated. The final result of the analysis is the wear function, which determines the change in print quality indicators depending on the circulation. Using the wear function allows you to predict the occurrence of defects and make decisions to quickly adjust the settings of the printing machine.

Keywords: information system, printing production, printing equipment, printed contact, material surface wear.

For citation: Barkovskiy E. V., Urbanovich P. P. Modeling of the printing production information system under wear conditions the surfaces of printed contact materials. *Proceedings of BSTU, issue 3, Physics and Mathematics. Informatics*, 2024, no. 1 (278), pp. 52–57 (In Russian). DOI: 10.52065/2520-6141-2024-278-8.

Введение. В настоящее время развитие полиграфического производства сопровождается внедрением информационных технологий, позволяющих автоматизировать процессы изготовления печатной продукции, а также обеспечивать

контроль ее качества. Следует отметить, что большинство полиграфических систем, используемых на предприятиях Республики Беларусь, изготовлены и поставлены зарубежными фирмами. В силу известных ограничений существует проблема

обновления данных систем. Решение этой проблемы заключается в разработке отечественного программного обеспечения, которое должно быть адаптировано под базовые технологии управления качеством полиграфического производства для достижения конкурентных количественных и качественных результатов в условиях ограниченных инвестиционных ресурсов при минимизации издержек производства.

Полиграфическая система, как и любая иная техническая система, представляет собой совокупность элементов и связей между ними [1, 2]. Информационная же система оперирует информацией на основе использования средств ее сбора, обработки, передачи.

В полиграфическом производстве обработка данных происходит поэтапно с задействованием различных функциональных модулей системы. В основе практически всех систем управления полиграфическим производством лежат следующие модули: калькуляция заказа, планирование и диспетчеризация производства, взаиморасчеты с покупателями и поставщиками, учет склада материалов и готовой продукции. Представленные модули систем используются на этапе поступления заказа на производство и согласование условий изготовления печатной продукции с заказчиком.

Современные информационные системы управления технологическим процессом полиграфического производства также строятся по модульному принципу, то есть состоят из разного количества модулей, каждый из которых может быть усовершенствован с учетом текущих потребностей и имеющихся возможностей. Такие модули должны быть адаптированы под конкретные специфики функционирования той или иной типографии, так как технологический процесс зависит от вида выпускаемой продукции.

Благодаря модульности систем управления полиграфическим производством составные части системы, представляющие собой модули программного обеспечения, можно приобретать и внедрять поэтапно, что позволяет минимизировать затраты типографии [3].

Процесс управления печатным оборудованием включает в себя как ручное регулирование, выполняемое печатником, так и автоматическое регулирование в статическом или динамическом режиме работы печатной машины. Все сигналы управления преобразуются в систему цифровых кодов, записываются в память компьютерной системы, обрабатываются процессором и хранятся в протоколах соответствующей подсистемы. С использованием методов моделирования физических процессов в объектах управления и измерения параметров качества готовой продукции поступающие данные, которые необходимо

регулировать (подстраивать), сравниваются с соответствующими эталонными значениями [4].

В источниках [5–9] представлены модели взаимосвязи технологических процессов и бизнес-среды полиграфической отрасли и их структурные схемы. Модель системы в [7] представлена в виде графа состояний, формально задаваемого следующим выражением:

$$W = \langle L, P, M, I, N, X, S, C, IS \rangle, \quad (1)$$

где W – множество организационно-технологических операций системы; L – множество технологических процессов; P – основная линейка продуктов и/или услуг; M – множество рынков продуктов и/или услуг; I – множество банковских систем; N – множество дополнительных линеек продуктов; X – множество видов потерь системы; S – множество партнеров системы; C – клиенты; IS – множество функциональных операций в информационной системе.

В предлагаемой статье представлена модель системы информационной системы управления качеством, отличающаяся от существующей внедрением модуля для онлайн анализа износа поверхностей печатного контакта.

Основная часть. Модель (1) ориентирована на организацию производственного процесса с учетом экономических факторов, но не учитывает особенностей технологического процесса изготовления полиграфической продукции. Технологический процесс является основным в полиграфическом производстве и состоит из стадий допечатной, печатной и послепечатной подготовки выпуска продукции. В статье ниже будет анализироваться только информационная система, относящаяся к печатному процессу.

Печатный процесс состоит из операций подготовки оборудования к печати и получения оттисков с применением печатных форм, контрольных устройств, запечатываемых материалов и печатных красок. Печатные технологии определяют допечатные и послепечатные процессы, и их выбор зависит от параметров поступающего авторского оригинала, вида печатной продукции и тиража, а также качества применяемых запечатываемых материалов и красящих веществ. Если на стадии печатного процесса будет выявлено несоответствие печатной продукции установленным показателям качества, то она определяется как бракованная и не поступает на следующие стадии производства. С учетом сложности полиграфического производства из модели на основе (1) следует выделить технологический процесс, относящийся к множеству L . С учетом последнего обстоятельства предлагается следующая формальная модель информационной системы печатного процесса:

$$PS = \langle SM, T, PM, Q, PF, Ink \rangle, \quad (2)$$

где PS – параметры системы управления печатной машиной; SM – свойства поверхностей материалов печатного контакта; T – тираж, PM – характеристики печатной машины; Q – параметры системы измерений и контроля качества печати; PF – свойства печатной формы; Ink – свойства печатной краски.

Представленная на рис. 1 структурная схема информационной системы печатного процесса рассматривает взаимодействие различных элементов изготовления и контроля параметров качества полиграфической продукции, а также включает в себя решение по совершенствованию системы контроля качества, которое заключается в использовании модуля анализа поверхностей материалов печатного контакта. Для получения данных о состоянии поверхностей печатного контакта и качества получаемого изображения предлагается использовать датчики, которые устанавливаются на современных печатных машинах [7, 8]. К таким датчикам относятся денситометры и фотокамеры, которые позволяют получать снимок высокого разрешения растрового поля или штрихового элемента. Денситометры используются для считывания показателей качества с печатной формы и печатного оттиска (на рис. 1 обозначен как PI_m), который получается на выходе печатной машины.

В предлагаемой модели элементы системы взаимосвязаны между собой и их также можно рассматривать как совокупность отдельных элементов. Например, свойства поверхностей материалов можно представить следующим образом:

$$SM = \langle S_p, S_f, S_b, S_m, W_s \rangle, \quad (3)$$

где S_p – свойства поверхности бумаги (запечатываемого материала); S_f – свойства поверхности печатной формы; S_b – свойства поверхности офсетного резинотканевого полотна; S_m – свойства поверхностей цилиндров печатной машины; W_s – показатель износа поверхностей материалов печатного контакта.

Параметры системы измерений и контроля качества печати следует рассматривать как совокупность алгоритмов, методов, показателей качества полиграфического производства и можно представить в следующем виде:

$$Q = \langle Al, PrM, PQ, W_s \rangle, \quad (4)$$

где Al – алгоритмы обработки данных; PrM – методы обработки данных; PQ – показатели качества печатного оттиска.

К показателям качества печатной продукции, которые контролируются во время печати и с учетом объема тиража изменяются, относятся оптическая плотность и относительная площадь растрового элемента. Оптическая плотность позволяет контролировать количество краски, нанесенной на печатный оттиск, и зависит от толщины красочного слоя и концентрации пигмента в краске. Показатель «относительная площадь растровых элементов» используется для оценки степени оптического растискивания. Механическое растискивание зависит от свойств краски, увлажнения печатной формы, характеристик офсетного резинотканевого полотна, количества подачи краски и характеристик поверхности запечатываемого материала. Причиной оптического растискивания является поглощение и рассеивание света в запечатываемом материале на границах растрового элемента.

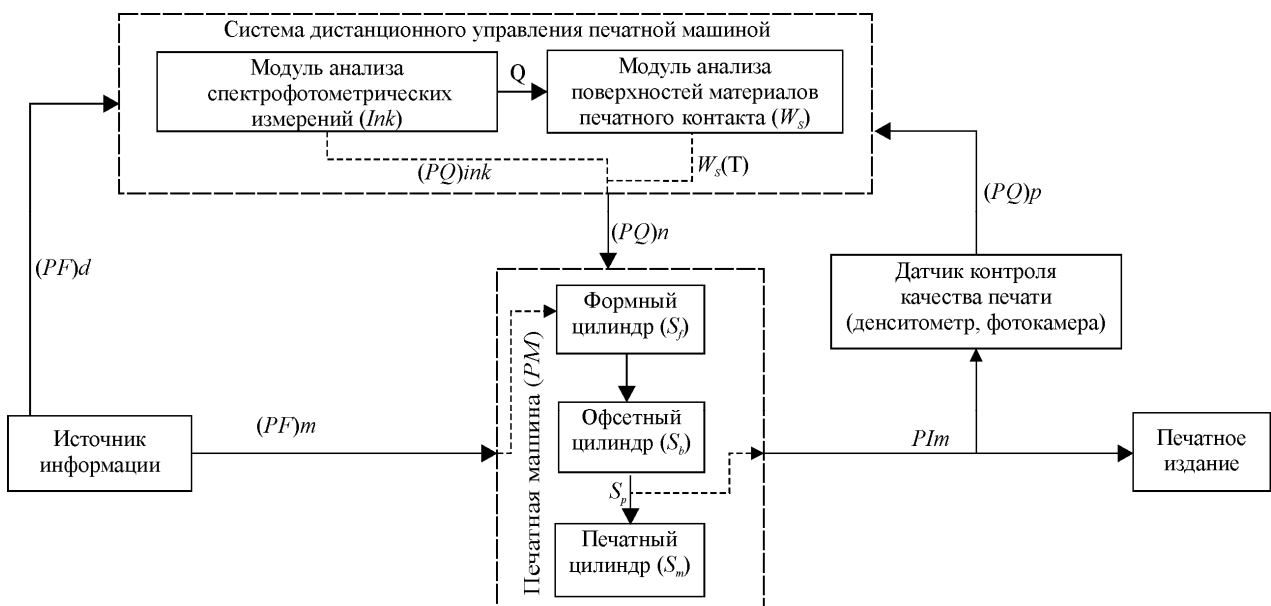


Рис. 1. Структурная схема информационной системы печатного процесса

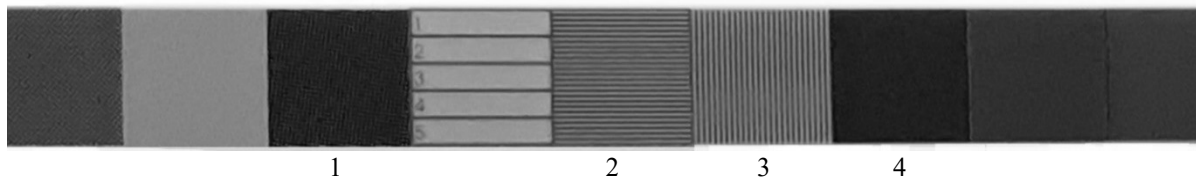


Рис. 2. Элементы шкалы оперативного контроля

Показатели качества считываются датчиком со шкалы оперативного контроля, которая содержит элементы, представленные на рис. 2. После считывания показателей печати они нормируются и подаются в виде сигнала установленной формы узлам печатной машины, отвечающим за осуществление процесса передачи краски на запекаемый материал. Элементы 1, 4 на рис. 2 соответствуют растровому полю с относительной площадью растровой точки, соответствующей 100 %, которая называется плашкой. Относительная площадь растрового элемента $S_{отн}$ рассчитывается по формуле Шеберстова – Мюррея – Девиса [10] с введением поправочного коэффициента Юла – Нильсена [10] после считывания денситометром оптической плотности растрового поля D_R , не соответствующего 100%, и оптической плотности плашки D_S , которая описывается следующей формулой [10]:

$$S_{отн} = \frac{1 - 10^{-\frac{D_R}{n}}}{1 - 10^{-\frac{D_S}{n}}}, \quad (5)$$

где D_R – оптическая плотность растрового поля, D_S – оптическая плотность плашки; n – коэффициент Юла – Нильсена.

С учетом изложенного элемент PQ можно представить в следующем общем виде:

$$PQ = \langle S_{отн}, D_R, L_R, H, GB, F_r, R, \alpha_r \rangle, \quad (6)$$

где $S_{отн}$ – относительная площадь растровой точки; L_R – линиятура растра; H – цветовой тон; GB – баланс по серому; F_r – форма растровой точки; α_r – угол поворота растра; R – разрешающая способность

Печатная форма представляет собой носитель информации – монометаллическую пластину с негативным или позитивным копировальными слоями, нанесенными на тонкие алюминиевые подложки. Показатели, снимаемые с печатной формы для осуществления контроля качества печатной формы, представляют собой цифровой формат данных печатной формы, который можно формально представить в следующем виде:

$$(PF)_d = \langle PQ, W, V, t_{PF} \rangle, \quad (7)$$

где W – ширина печатной формы; V – высота печатной формы; t_{PF} – толщина печатной формы.

Элементы 2, 3 на рис. 2 используются для контроля скольжения и дробления в вертикальном и горизонтальном направлении и представляют собой штриховые линии, которые также могут быть использованы для контроля изменения геометрических размеров штриховых элементов.

Элемент T определяет количество экземпляров печатного издания одного названия и состоит из показателей, которые согласовываются до поступления в производство заказа с клиентом типографии. Данный показатель является временным и требуется для того, чтобы определить, в какой период времени может возникнуть бракованная продукция. Если представить выражение (3) как зависимость свойств поверхностей материалов от тиража, то оно будет иметь следующий вид:

$$SM(T) = \langle S_p(T), S_j(T), S_b(T), S_m(T), W_s(T) \rangle. \quad (8)$$

Элемент $S_p(T)$ можно представить как совокупность основных свойств поверхности печатного контакта:

$$S_p(T) = \{R(T), h(T), m(T)\}, \quad (9)$$

где $R(T)$ – показатели шероховатости; $h(T)$ – толщина материала; $m(T)$ – масса материала печатного контакта.

В зависимости от интенсивности изнашивания поверхностей материалов печатного контакта будут изменяться показатели шероховатости, толщина и будет иметь место потеря массы поверхностей материалов печатного контакта. Показатель износа поверхности будет включать в себя следующие параметры:

$$W_s(T) = \langle R(T), h(T), m(T), PQ(T) \rangle. \quad (10)$$

Процесс изнашивания материалов имеет характерные стадии: от 0 до T_1 – стадия приработки, от T_1 до T_2 – стадия установившегося (нормального) износа, от T_2 до T_{max} – стадия усиленного (катастрофического) износа. Получаемые изображения с помощью фотокамеры будут обрабатываться в модуле анализа поверхностей материалов печатного контакта алгоритмами нахождения границ растровых элементов и расстояния между этими границами. Результатом обработки изображения должны быть параметры T_1, T_2, T_{max} , которые определяются по зависимости показателя износа поверхностей материалов печатного контакта от тиража, общий вид которой представлен на рис. 3 [11].

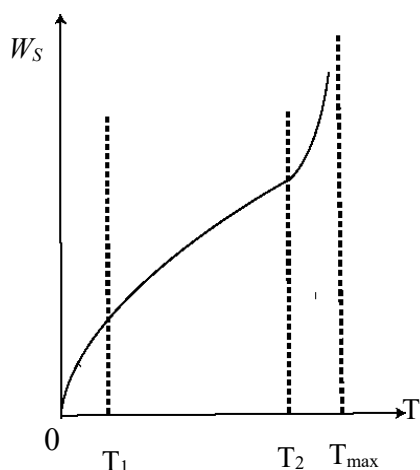


Рис. 3. Зависимость износа поверхностей материалов печатного контакта от тиража

По параметру T_{\max} можно определить максимально допустимое количество (тираж) получаемой продукции. Показатели качества должны находиться в пределах нормы на стадии установившегося износа. Данная стадия должна быть максимально продолжительной при изготовлении тиража, чтобы сохранить качество выпускаемой полиграфической продукции.

Элемент Ink в модели (2) представляет собой множество свойств и структурных элементов состава печатной краски. Согласно структурной схеме, влияние этого элемента будет определяться модулем анализа спектрофотометрических измерений, включающего математические операции колориметрического контроля и управления цветом.

Элемент PM включает в себя узлы печатной машины, к которым относятся цилиндры красочного, увлажняющего и печатного аппарата. Увлажняющий аппарат используется только в офсетном способе печати для предотвращения передачи краски на пробельные элементы. На печатной форме офсетного способа печати печатные элементы остаются невосприимчивыми к воде, а пробельные элементы, наоборот, удерживают воду на своей поверхности. Функцию нанесения воды на печатную форму выполняет система увлажняющего аппарата.

В современных печатных машинах стоят датчики, которые контролируют функционирование механизмов аппаратов. Система дистанционного управления печатной машиной, получая данные

от датчиков, производит расчет показателей качества, сравнение результатов со стандартами ISO 12647 [12, 13] и затем вырабатывает сигналы для настройки печатной машины под стандартизированные параметры.

Следует отметить, что существует возможность сохранения результатов регулирования печатной машины. Для этого используются модули системы архивирования и хранения статистических данных о заказе. Обработка статистических данных позволяет анализировать состояние поверхности офсетного полотна и возможность его дальнейшего использования для последующих заказов.

Изложенные в статье формальные представления элементов математической модели могут быть использованы при разработке необходимого программного обеспечения и его использования в технологическом процессе полиграфического производства.

Заключение. Рассмотрена модель информационной системы полиграфического производства на основе печатного процесса, включающая в себя модуль анализа износа поверхностей материалов печатного контакта, который обрабатывает данные, считываемые датчиком контроля качества печати. Результатом обработки этих данных явилась реальная зависимость с соответствующими параметрами (W_s , T_1 , T_2 , T_{\max}), общий вид которой представлен на рис. 2. Данная зависимость характеризует интенсивность изнашивания материалов при изготовлении печатной продукции и позволяет определить период установившегося износа и максимальный тираж, после которого может возникнуть ухудшение качества печати. В качестве датчика контроля качества печати следует использовать фотодатчик для измерения изменения геометрических размеров растровых точек и штриховых элементов, чтобы определять механическое растрескивание.

Модель информационной системы может быть реализована в виде законченного программного продукта и внедрена в производство для анализа поверхностей материалов печатного контакта. Предварительно необходимо провести экспериментальные исследования для сбора статистических данных, учитывающих специфику работы системы управления полиграфическим предприятием.

Список литературы

1. Волкова В. Н., Козлова В. Н. Системный анализ и принятие решений. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.
2. Волкова В. Н. Теория информационных систем. СПб.: СПбПУ, 2014. 300 с.
3. Самарин, Ю. Н. Автоматизация управления полиграфическим предприятием // КомпьюАрт. 2006. № 8. С. 50-53.
4. Шмаркова Л. И., Абрамешина А. А. Информационные системы управления полиграфическим предприятием // Научные записки ОрелГИЭТ. 2017. № 2. С. 35-40.
5. Кулак М. И., Ничипорович С. А., Медяк Д. М. Методы теории фракталов в технологической механике и процессах управления. Минск: Белорусская наука, 2007. 419 с.

6. Печатные системы фирмы Heidelberg. Листовые офсетные печатные машины / Л. Ф. Зирнзак [и др.]. М.: МГУП, 1998. 136 с.
7. Меняев М. Ф. Цифровые системы управления техническими процессами в полиграфии. М.: МГУП, 2006. 126 с.
8. Офсетные листовые печатные машины КБА / А. Перова [и др.]. М.: МГУП, 2006. 140 с.
9. Методы цифрового управления полиграфическими процессами / Е. В. Штефан [и др.] // *Технологія і техніка друкарства*, 2021. № 2. С. 54–63.
10. Синяк М. Еще раз о контроле // *КомпьюАрт*, 2004. № 9. С. 18–25
11. Крагельский И. В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. 478 с.
12. Технология полиграфии. Контроль процесса изготовления цифровых файлов, растровых цветоделений, пробных и тиражных оттисков. Ч. 1. Параметры и методы измерения: ГОСТ ИСО 12647-1–2017. М.: Стандартинформ, 2017. 22 с.
13. Graphic technology – Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints. Part 2. Offset lithographic process: ISO 12647-2:2013. Geneva: ISO, 2013. 24 p.

References

1. Volkova V. N., Kozlova V. N. *Sistemnyy analiz i prinyatiye resheniy* [System analysis and decision making]. Minsk, Vysshaya shkola Publ., 2004. 616 p. (In Russian).
2. Volkova V. N. *Teoriya informatsionnykh system* [Information systems theory]. St. Petersburg, SPGPU Publ., 2014. 300 p. (In Russian).
3. Samarin Yu. N. Automation of management of a printing enterprise. *Komp'yutArt* [ComputerArt], 2006, no. 8, pp. 50–53 (In Russian).
4. Shmarkova L. I., Abrameshina A. A. Information management systems of the printing enterprise. *Nauchnye zapiski OrelGIET* [Scientific Journal of OrelSIET], 2017, no. 2, pp. 35–40 (In Russian).
5. Kulak M. I., Nichiporovich S. A., Medyak D. M. *Metody teorii fraktalov v tekhnologicheskoy mekhanike i protsessakh upravleniya* [Methods of fractal theory in technological mechanics and control processes]. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2007. 419 p. (In Russian).
6. Zirnzak L. F., Leymont L. L., Samarin Yu. N., Shtolyakov V. I. *Pечатnyye sistemy firmy Heidelberg. Listovyye ofsetnyye pechatnyye mashiny* [Printing systems from Heidelberg. Sheet-fed offset printing machines.]. Moscow, MGUP Publ., 1998. 136 p. (In Russian).
7. Menyayev M. F. *Tsifrovyye sistemy upravleniya tekhnicheskimi protsessami v poligrafii* [Digital systems for managing technical processes in printing]. Moscow, MGUP Publ., 2006. 126 p. (In Russian).
8. Perova A., Shtolyakov V., Fedoseev A., Vartanyan S. *Ofsetnyye listovyye pechatnyye mashiny KBA* [Sheetfed offset printing machines KBA]. Moscow, MGUP Publ., 2006. 140 p. (In Russian).
9. Shtefan E. V., Roik T. A., Zorenko O. V., Shostachuk A. P. Methods of Digital Control of Printing Processes. *Tekhnologiya i tekhnika drukarstva* [Technology and Technique of Typography], 2021, no. 2, pp. 54–63, [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(72\).2021.242474](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(72).2021.242474) (In Ukrainian).
10. Sinyak, M. Once again about control. *Komp'yutArt* [ComputerArt], 2004, no. 9, pp. 18–25 (In Russian).
11. Kragel'skiy I. V. *Treniye i iznos* [Friction and wear]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1968. 478 p. (In Russian).
12. GOST ISO 12647-1–2017. Graphic technology. Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints. Part 1. Parameters and measurement methods. Moscow, Standartinform Publ., 2017. 22 p. (In Russian).
13. ISO 12647-2:2013. Graphic technology – Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints. Part 2. Offset lithographic process. Geneva, ISO Publ., 2013. 24 p. (In English).

Информация об авторах

Барковский Евгений Валерьевич – аспирант кафедры информационных систем и технологий. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: barkovski@belstu.by

Урбанович Павел Павлович – доктор технических наук, профессор. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: p.urbanovich@belstu.by

Information about the authors

Barkovskiy Evgeniy Valer'yevich – PhD student, the Department of Information Systems and Technologies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: barkovski@belstu.by

Urbanovich Pavel Pavlovich – DSc (Engineering), Professor, the Department of Information Systems and Technologies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: p.urbanovich@belstu.by

Поступила после доработки 16.01.2024